

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3639658 A1**

⑤1 Int. Cl. 4:  
**C21D 5/02**

②1 Aktenzeichen: P 36 39 658.3  
②2 Anmeldetag: 20. 11. 86  
④3 Offenlegungstag: 1. 6. 88

*Elektronenstgenium*

DE 3639658 A1

⑦1 Anmelder:  
Mühlberger, Horst, Dipl.-Phys. Dr., 6000 Frankfurt,  
DE

⑦4 Vertreter:  
Hemmerich, F., 4000 Düsseldorf; Müller, G.,  
Dipl.-Ing.; Große, D., Dipl.-Ing., 5900 Siegen;  
Pollmeier, F., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 4000  
Düsseldorf

⑦2 Erfinder:  
gleich Anmelder

⑤4 Verfahren zur Herstellung von Gußstücken aus Gußeisen mit Kugelgraphit

Es wird ein Verfahren zur Herstellung von Gußstücken aus Gußeisen mit Kugelgraphit mit austenitisch-bainitischem Mischgefüge vorgeschlagen. Benutzt wird dabei eine Schmelze mit den üblichen Mengen an Silizium, Kohlenstoff, Phosphor, Schwefel, Magnesium, gegebenenfalls Kupfer und gegebenenfalls Nickel sowie zusätzlichen Mengen von weniger als 0,3% Mangan und 0,2 bis 0,8% Molybdän. Das Gußstück wird auf eine Austenitisierungstemperatur von 800 bis 870°C erwärmt sowie bis zur Austenitisierung auf dieser Temperatur gehalten. Anschließend wird es weniger als zwei Minuten von der Austenitisierungstemperaturzone in die Bainitisierungstemperaturzone gebracht, dort auf eine Bainitisierungstemperatur von 350 bis 400°C abgekühlt und für eine dem gewünschten Bainitanteil entsprechende Zeit auf dieser Temperatur gehalten.

Damit bei Sicherstellung einer für die Gewichtsverminderung von Bauteilen erforderlichen hohen Streckgrenze zugleich auch eine hohe Dehnung und Zähigkeit erreicht wird und sich eine der spanabhebenden Bearbeitung besonders zuträgliche Härte erreicht wird, ist vorgesehen, daß das Gußstück vorzugsweise 60 bis 120 Minuten auf Austenitisierungstemperatur gehalten wird, in weniger als einer Minute von der Austenitisierungstemperaturgrenze in die Bainitisierungstemperaturzone gebracht wird und 60 bis 120 Minuten auf Bainitisierungstemperatur gehalten wird.

DE 3639658 A1

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Gußstücken aus Gußeisen mit Kugelgraphit mit austenitisch-bainitischem Mischgefüge aus einer Schmelze mit den üblichen Mengen an Silizium, Kohlenstoff, Phosphor, Schwefel, Magnesium, gegebenenfalls Kupfer und gegebenenfalls Nickel sowie zusätzlichen Mengen von weniger als 0,3% Mangan und 0,2 bis 0,8% Molybdän, bei dem das Gußstück auf eine Austenitisierungstemperatur von 800 bis 870°C erwärmt sowie bis zur Austenitisierung auf dieser Temperatur gehalten, anschließend in weniger als 2 Minuten von der Austenitisierungstemperaturzone in die Bainitisierungstemperaturzone gebracht, dort auf eine Bainitisierungstemperatur von 350 bis 400°C abgekühlt und für eine dem gewünschten Bainitanteil entsprechende Zeit auf dieser Temperatur gehalten wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gußstück vorzugsweise 60 bis 120 Minuten auf Austenitisierungstemperatur gehalten wird, in weniger als einer Minute von der Austenitisierungstemperaturzone in die Bainitisierungstemperaturzone gebracht wird und 60 bis 120 Minuten auf Bainitisierungstemperatur gehalten wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Austenitisierungstemperaturhaltezeit 80 bis 100 Minuten beträgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Gußstück in weniger als 10 Sekunden von der Austenitisierungstemperaturzone in die Bainitisierungstemperaturzone gebracht wird.
4. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Bainitisierungstemperaturhaltezeit 90 bis 110 Minuten beträgt.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Gußstücken aus Gußeisen mit Kugelgraphit mit austenitisch-bainitischem Mischgefüge nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Bei einem durch die EP-B 18 445 bekanntgewordenen Verfahren dieser Art werden die Gußstücke aus einer Schmelze hergestellt mit den üblichen Mengen an Silizium, Kohlenstoff, Phosphor, Schwefel, Magnesium, gegebenenfalls Kupfer und gegebenenfalls Nickel sowie zusätzliche Mengen von weniger als 0,3% Mangan und 0,2 bis 0,8% Molybdän, wobei das Gußstück auf eine Austenitisierungstemperatur von 800 bis 870°C erwärmt sowie bis zur Austenitisierung auf dieser Temperatur gehalten, anschließend in weniger als zwei Minuten von der Austenitisierungstemperaturzone in die Bainitisierungstemperaturzone gebracht, dort auf eine Bainitisierungstemperatur von 350 bis 400°C abgekühlt und für eine dem gewünschten Bainitanteil entsprechende Zeit auf dieser Temperatur gehalten wird.

Nach diesem bekannten Verfahren werden Gußstücke aus Gußeisen mit Kugelgraphit mit austenitisch-bainitischem Mischgefüge erhalten, bei denen die für die Anwendung günstigen Werkstoffe nicht beeinträchtigt, sondern sogar verbessert werden.

Beispielsweise ergibt sich hierdurch einerseits eine bessere maschinelle Bearbeitbarkeit der Gußteile, insbesondere im wärmebehandelten Zustand, während an-

dererseits der materielle, zeitliche und technische Aufwand zur Herstellung der Gußstücke verringert werden kann, so daß diese sich auch gegenüber Serienteilen aus Schmiedestahl konkurrenzfähig herstellen lassen.

Mit der bekannten Verfahrensart lassen sich relativ kostengünstig — auch verhältnismäßig dickwandige — Gußstücke mit austenitisch-bainitischem Gefüge herstellen, welche mechanische Eigenschaften haben, die deutlich über denjenigen der vorher bekannten Werkstoffe aus Gußeisen mit Kugelgraphit liegen.

Nach EP-B-00 18 445 ist daher die Möglichkeit gegeben, Gußteile dünnwandiger und damit leichter herzustellen. Vor allem für die Fahrzeughersteller (Automobile und Eisenbahnwagen) ist die mögliche Gewichtsverminderung der Bauteile von erheblicher Bedeutung.

Die durch das Verfahren nach EP-B-00 18 445 herstellbaren Gußwerkstoffe höherer Festigkeit zeichnen sich besonders dadurch aus, daß sie eine relativ große Härte besitzen, die besonders für solche Anwendungsfälle wünschenswert ist, bei denen es auch auf eine hohe Verschleißfestigkeit ankommt.

Bei einer Härte, die etwa zwischen 290 bis 310 HB liegt, ist die Verschleißfestigkeit z. B. so gut, daß daraus gefertigte Bauteile gegenüber entsprechenden Stahlteilen eine oft um ein Vielfaches höhere Lebensdauer erreichen können. So lassen sich bspw. Kurbelwellen für Dieselmotoren herstellen, bei denen eine Oberflächenbehandlung, wie sie für die entsprechenden Stahlteile im allgemeinen erforderlich ist, bspw. das Karbonitrieren oder auch das Induktionshärten, entfallen kann.

Bei der spanabhebenden Bearbeitung von Gußstücken, insbesondere auf mechanisierten Fertigungsstraßen ist es jedoch wichtig, eine optimale Bearbeitungsleistung sicherzustellen, ohne daß dabei das hervorragende Werkstoffverhalten der nach der EP-B-00 18 445 hergestellten Gußstücke verloren geht.

Es liegt deshalb der Erfindung die Aufgabe zugrunde, das gattungsgemäße Verfahren zur Herstellung von Gußstücken aus Gußeisen mit Kugelgraphit mit austenitisch-bainitischem Mischgefüge so weiterzuentwickeln, daß auch Gußwerkstoffe gefertigt werden können, welche bei der Sicherstellung einer für die Gewichtsverminderung von Bauteilen erforderlichen, hohen Streckgrenze zugleich auch eine hohe Dehnung und Zähigkeit aufweisen, und daß aber eine Härte erhalten, welche einer spanabhebenden Bearbeitung besonders zuträglich ist.

Erreicht wird das gesteckte Ziel erfindungsgemäß, ausgehend von dem Verfahren der eingangs angegebenen Gattung, nach dem Kennzeichen des Anspruchs 1 in überraschender Weise dadurch, daß das Gußstück vorzugsweise 60 bis 120 Minuten auf Austenitisierungstemperatur gehalten wird, in weniger als einer Minute von der Austenitisierungstemperaturzone in die Bainitisierungstemperaturzone gebracht wird und 60 bis 120 Minuten auf Bainitisierungstemperatur gehalten wird.

Aufgrund dieser Verfahrensmaßnahmen wird ein Gußwerkstoff erhalten, dessen Streckgrenze in jedem Falle über 500 N/mm<sup>2</sup> liegt, dessen Zugfestigkeit mindestens bei 750 N/mm<sup>2</sup> liegt, und welcher eine Dehnung von mehr als 12% aufweist. Dabei wird zugleich ein austenitisch-bainitisches Mischgefüge mit einer vergleichsweise niedrigen Härte zwischen 230 bis 280 HB erhalten.

Dieses Verfahrensergebnis ist überraschend, weil nach den bisher vorliegenden Erkenntnissen über die beim Austempeln ablaufenden Reaktionen mit zunehmender Haltezeit nach der sogenannten "Dorazil-Kur-

ve" an sich eine Härtesteigerung zu erwarten ist, welche auf den Zerfall von kohlenstoffübersättigtem Rest-Austenit bzw. "Retained-Austenit" in Ferrit und Karbide zurückzuführen ist.

Die erfindungsgemäße Verfahrensart führt nun aber gerade zu einem gegenteiligen Ergebnis, nämlich einer Verminderung der Härte, und zwar sogar gegenüber der im Ausgangszustand gegebenen Härte. Die Festigkeit, insbesondere aber die Streckgrenze, nimmt jedoch durch die verfahrensgemäße Behandlung der Gußstücke gegenüber den Werten im Ausgangszustand zu.

Die Gußstücke können folglich nach ihrer die Festigkeit steigernden Wärmebehandlung problemlos einer spanabhebenden Bearbeitung unterworfen werden, so daß alle diejenigen Nachteile entfallen, welche bekanntermaßen daraus resultieren, daß bei Gußstücken, die zur Erzeugung eines bainitischen oder austenitisch-bainitischen Gefüges einer Wärmebehandlung unterzogen werden müssen, die spanabhebende Bearbeitung vor der Wärmebehandlung durchzuführen ist.

Einer dieser Nachteile liegt bspw. darin, daß die Herstellung und die Wärmebehandlung der Gußstücke regelmäßig in einer anderen Fertigungsstätte erfolgt als die spanabhebende Bearbeitung. Aus diesem Umstand erwachsen dann aber nicht nur Transport- und Lagerungsprobleme, sondern es müssen auch noch weitere Nachteile in Kauf genommen werden. So ergibt sich oft bei einer der spanabhebenden Bearbeitung nachfolgenden Wärmebehandlung zur Erzeugung des bainitischen oder austenitisch-bainitischen Gußgefüges ein Verzug der Bauteile. Auch tritt in den meisten Fällen das sogenannte Wachsen der Gußstücke ein, welches unvermeidbar mit der durch die Wärmebehandlung herbeigeführten Gefügeumwandlung einhergeht. Weitere Bearbeitungsgänge der Gußstücke, bspw. ein Nachschleifen derselben, sind daher nach der Wärmebehandlung die Regel.

Das Ergebnis der erfindungsgemäßen Verfahrensart läßt sich damit erklären, daß wegen des relativ niedrigen Mangangehaltes und der dadurch möglichen Niedrig-Temperatur-Austenitisierung ein Austenit gebildet wird, der einen niedrigeren Kohlenstoffgehalt hat als ein bei den üblicherweise höheren Temperaturen zwischen 860 und 920°C gebildeter Austenit. Es kann daher durch die erfindungsgemäß angewendeten Haltezeiten zwar ein austenitisch-bainitisches Mischgefüge entstehen; es bilden sich jedoch beim Zerfall des kohlenstoffübersättigten "Retained-Austenits" keine Karbide, und dem überschüssigen Kohlenstoff wird genügend Zeit zur Anlagerung an die vorhandenen Graphit-Sphärolithen gegeben.

Besonders gute Verfahrensergebnisse stellen sich nach der Erfindung ein, wenn gemäß Anspruch 2 die Austenitisierungstemperatur-Haltezeit 80 bis 100 Minuten beträgt.

Als vorteilhaft erweist es sich auch, wenn nach Anspruch 3 das Gußstück in weniger als 10 sec. von der Austenitisierungstemperaturzone in die Bainitisierungstemperaturzone gebracht wird und wenn darüber hinaus gemäß Anspruch 4 die Bainitisierungstemperatur-Haltezeit 90 bis 110 Minuten beträgt.

Es hat sich herausgestellt, daß die erfindungsgemäße Verfahrensart sich besonders gut für die Anwendung bei solchen Gußstücken eignet, die Wanddicken bis zu etwa 50 mm aufweisen, und dementsprechend nur geringe Gehalte an z. B. Nickel und Molybdän haben müssen.

Bei den nach dem erfindungsgemäßen Verfahren be-

handelten Gußeisen stellt sich keine nadelige Gefügestruktur ein, und es sind im Gefüge auch keine Primärkorn Grenzen erkennbar.

Das Gefüge besteht aus 20 bis 40% Austenit, 10 bis 15% Ferrit und 30 bis 40% feinkörnigem Bainit.

Das Streckgrenzenverhältnis des nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Gußwerkstoffes liegt bei  $0,7 \pm 0,2$ , während es bei dem nach dem Verfahren nach EP-B-00 18 445 hergestellten Material  $0,63 \pm 0,05$  beträgt.

Die Relation von Zugfestigkeit/Härte beläuft sich bei dem nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Gußwerkstoff auf etwa 0,33, während sie nach EP-B-00 18 445 bei 0,31 liegt.

Das Kugelgraphit-Gußeisen für die Gußstücke mit einem bainitischen Grundgefüge oder einem bainitisch-austenitischen oder einem bainitisch-austenitisch-ferritischen Mischgefüge kann folgende Legierungselemente enthalten:

C	2,0 bis 4,0 Gew.-%
Si	1,5 bis 6,0 Gew.-%
P	bis 0,06 Gew.-%
S	$\leq 0,02$ Gew.-%

Mg und/oder seltene Erden Metalle in Mengen, wie sie zur sicheren Erzeugung von kugeligem Graphit erforderlich und üblich sind,

Mn	bis 0,8 Gew.-%
Ni	bis 6,0 Gew.-%
Mo	bis 1,5 Gew.-%
Cu	bis 1,5 Gew.-%
Cr	bis 0,2 Gew.-%
V	bis 0,2 Gew.-%
Sn	bis 0,2 Gew.-%

Besonders vorteilhafte Eigenschaften zeigt dabei das Kugelgraphit-Gußeisen, wenn es folgende Anteile enthält:

C	3,3 bis 3,9 Gew.-%
Si	2,3 bis 2,9 Gew.-%
Mn	0,1 bis 0,3 Gew.-%
Ni	0,5 bis 1,7 Gew.-%
Mo	0,26 bis 0,4 Gew.-%
Cu	0,6 bis 1,0 Gew.-%
Sn	0,01 bis 0,2 Gew.-%

- Leerseite -